

**МЕТОД ОЦІНКИ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ З
ВИКОРИСТАННЯМ БАХАЛЬТОВОЇ ФІБРИ НА АВТОДОРОЖНІХ МОСТАХ**

**METHOD OF ASSESSING THE DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE COATING USING
BAKHALT FIBER ON HIGHWAY BRIDGES**



Плазій Євген Павлович, Проект менеджер ТОВ «МАПЕІ Україна»
e-mail: eplaziy@gmail.com, тел. +380674091273,

<https://orcid.org/0000-0002-9269-4518>

Анотація. В статті на основі літературного аналізу [1-3] розроблено основну розрахункову схему для визначення горизонтальних нормальних напружень в армованому асфальтобетонному покритті базальтовою фіброю на залізобетонних автодорожніх мостах з урахуванням різного часу дії навантаження транспортних засобів, яке викликає розтягуючі напруження.

Запропонована методика оцінки довговічності асфальтобетонного покриття з базальтовою фіброю на залізобетонних автодорожніх мостах, яка спрямована на підвищення його тріщиностійкості за рахунок удосконалення проектування. Таке проектування полягає в конструюванні і розрахунку з урахуванням багаторазового прикладання статичних і короткочасних динамічних навантажень транспортних засобів.

Обґрунтовано вибір умови довговічності за критерієм граничного стану для оцінки тріщиностійкості армованого асфальтобетонного покриття з базальтовою фіброю з урахуванням різного часу дії навантаження та температури. Розроблено метод оцінки довговічності асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах та послідовність його проектування.

Ключові слова: автодорожній міст, довговічність, утворення тріщин, тріщиностійкість, асфальтобетонне покриття, базальтова фібра.

Вступ Автодорожні мости є невід'ємною складовою мережі автомобільних доріг транспортної інфраструктури України. Технічний стан переважної більшості автодорожніх мостів не відповідає сучасним вимогам забезпечення безпеки дорожнього руху і конструктивної надійності елементів споруд. Збільшення довговічності асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах є однією із актуальних задач дорожньої галузі України.

На зменшення довговічності асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах впливає комплекс таких факторів, як різний час дії навантаження транспортних засобів та температура, тощо. Окрім того напружено-деформований стан асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах суттєво відрізняється від роботи покриття на автомобільних дорогах.

Однією із причин зменшення довговічності асфальтобетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах є недостатнє вивчення та застосування базальтової фібри з метою направленої регулювання властивостей асфальтобетону.

На сьогоднішній день існуючі методи та критерії оцінки тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах не вповній мірі враховано вплив розрахункових параметрів асфальтобетону армованого базальтовою фіброю. Улаштування асфальтобетонного покриття з покращеними його властивостями за рахунок базальтової фібри, а також врахування різного часу дії

навантаження транспортних засобів та температури при проектуванні такого покриття, дозволить підвищити його довговічність, що в свою чергу вплине на зменшення грошових витрат при ремонті та утриманні не лише асфальтобетонного покриття, а й автодорожнього мосту в цілому.

Таким чином, актуальність статті обумовлена необхідністю вирішення важливої науково-практичної задачі – підвищення довговічності асфальтобетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах за рахунок використання базальтової фібри, з урахуванням різного часу дії навантаження транспортних засобів та температури.

Мета і методи для об'єктивного оцінювання довговічності асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на мостах необхідно дотримуватись усіх вимог і правил чинних будівельних норм та стандартів [1-4]. Дослідження напружено-деформованого стану системи «асфальтобетонне покриття – еластичний прошарок – плита проїзної частини» проводиться шляхом чисельного моделювання із залученням методу скінченних елементів та (або) з використанням аналітичних рішень теорії пружності. Методи теорії пружності, теорії в'язко-пружності та кінетичної теорії міцності твердих тіл, стандартні та спеціальні методи досліджень властивостей асфальтобетону армованого базальтовою фіброю.

Мета публікації полягає у розробці методики розрахунку асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на мостах, яка спрямована на підвищення його довговічності за рахунок удосконалення проектування. Таке проектування полягає в конструюванні і методиці розрахунку з урахуванням багаторазового прикладання статичних і короткочасних динамічних навантажень транспортних засобів.

Об'єктом дослідження є оцінка довговічності при різному часі дії навантаження транспортних засобів асфальтобетонне покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах.

Опис методики. Базуючись на відомих теоретичних і практичних рішеннях [1-10] з урахуванням аналізу умов роботи асфальтобетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах встановлено, що покриття перебуває у складних умовах експлуатації, що в свою чергу з часом приводить до передчасного руйнування асфальтобетонного покриття та конструкторської транспортної будови в цілому. При проектуванні покриття на мостах необхідно дотримуватись усіх вимог і правил чинних будівельних норм та стандартів, а також положень [3].

Методика розрахунку асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри спрямована на підвищення його довговічності за рахунок удосконалення проектування. Таке проектування полягає в конструюванні і методиці розрахунку з урахуванням багаторазового прикладання статичних і короткочасних динамічних навантажень.

Асфальтобетонне покриття з використанням базальтової фібри (далі - покриття) підвищеної довговічності на мостах складається з одного, двох або трьох шарів асфальтобетону, зчепленого з еластичним прошарком та плитою проїзної частини мосту. Розрахунок покриття виконують за допустимими напруженнями на розтяг при згині між, еластичним прошарком і плитою проїзної частини мосту. Пропонується розрахункова схема рисунок 1.

Основним завданням розрахунку є визначення товщини шарів покриття для вибору варіантів конструкцій, які прийняті при розрахунку або вибір матеріалів з відповідними деформаційними та міцнісними характеристиками при заданих товщинах шарів. При розрахунку покриття враховують багаторазову дію короткочасних і статистичних навантажень, час дії навантаження для розрахунків призначають згідно табл. 1. При цьому необхідно враховувати дію горизонтального зусилля (час дії навантаження 1,0 та 10,0 с.) при гальмуванні транспортних засобів на автомобільних дорогах місцевого значення. Значення розрахункового діаметра відбитку колеса приймають згідно з [3]. При дії навантаження 0,1 с для розрахунку використовується динамічне значення діаметра відбитку колеса D_0 , а при часу дії навантаження 1,0 і 10,0 с необхідно використовувати статичне значення діаметра відбитку колеса D_n згідно з [3].

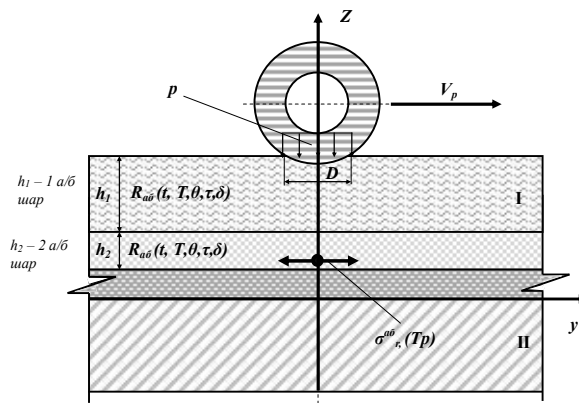


Рисунок 1 – Розрахункова схема асфальтобетонного покриття (I), при повній адгезії асфальтобетонних шарів, зв'язане з основою із залізобетону (II) через податливий еластичний прошарок, при дії транспортних засобів:

$R_{a\delta}(t, T, \theta, \tau, \delta)$ – Модуль пружності асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри;
 $\sigma_{y^{a\delta}}^{r, (Tp, t, q)}(t)$ – розтягуючі напруження від часу дії транспорту; p – на поверхні якої прикладений рівномірний нормальний тиск, розподілений на площі круга діаметром D ; V_p – швидкість транспортного засобу 0-60 (80) км/год.

Figure 1 – Calculation scheme of asphalt concrete pavement (I), with full adhesion of asphalt concrete layers, connected to the base of reinforced concrete (II) through a flexible elastic layer, under the action of vehicles:

$R_{a\delta}(t, T, \theta, \tau, \delta)$ – modulus of elasticity of asphalt concrete pavement using basalt fiber; $\sigma_{y^{a\delta}}^{r, (Tp, t, q)}(t)$ – tensile stresses from the time of transport action; p – on the surface of which a uniform normal pressure is applied, distributed over the area of a circle with a diameter of D ; V_p – vehicle speed 0-60 (80) km/h.

Таблиця 1 – Розрахункові значення тривалості дії навантаження при розрахунку покриття
Table 1 – Estimated values of the duration of the load when calculating the coverage

Ч.ч.	Автомобільні дороги	Рівень завантаження рухом	Розрахункові значення дії навантаження t , с
1	2	3	4
1	Державного значення	не більше 0,7	0,1 - багаторазово
2	Місцевого значення	не більше 0,7	0,1 - багаторазово
		більше 0,7	1,0 - багаторазово
		більше 0,7	10,0 - багаторазово

Дослідження напружено-деформованого стану системи «асфальтобетонне покриття – еластичний прошарок – плита проїзної частини» проводиться шляхом чисельного моделювання із залученням методу скінченних елементів та (або) з використанням аналітичних рішень теорії пружності [1-3]. Кліматичні дані – географічні межі дорожньо-кліматичних зон України і дорожнє районування України за умовами роботи асфальтобетону визначають згідно з [3]. Середньомісячні, середні максимальні і мінімальні місячні температури повітря призначають згідно з [3].

Конструювання асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах виконують згідно методики [3].

Методика оцінки довговічності асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на розтяг при згині. Для забезпечення нормованої надійності згідно з [3] та коефіцієнту запасу міцності запроектованого асфальтобетону за критерієм міцності на розтяг при згині, повинний відповідати вимогам таблиці 2.

Таблиця 2 – Розрахункові значення коефіцієнту надійності та коефіцієнту запасу міцності за критерієм згину асфальтобетонного покриття

Table 2 – Calculated values of the reliability factor and the safety margin factor according to the bending criterion of the asphalt concrete pavement

Категорія дороги	Тип дорожнього одягу	Коефіцієнт надійності, K_n	Коефіцієнт запасу міцності, $K_{мц}$, за критерієм граничного стану міцність при згині асфальтобетону	Коефіцієнт нормованого відхилення, t
1	2	3	4	5
I-a	Капітальний	0,97	1,50	2,19
I-б - II	Капітальний	0,95	1,43	1,71
III - V	Капітальний	0,90	1,33	1,32

Потрібний рівень проектної надійності і строк служби асфальтобетонного покриття повинен бути в кожному конкретному випадку зазначений в завданні на проектування, проте строк служби не може бути нижче за норми строків експлуатації дорожніх одягів між капітальними ремонтами згідно [3]. Розрахункові значення міцнісних характеристик (міцність на розтяг при згині, міцність зчеплення між покриттям та плитою проїзної частини) конструктивних шарів визначають через нормативні значення цих характеристик, використовуючи залежність:

$$M_p = \overline{M_p} \cdot (1 - \nu_t \times t) \quad (1)$$

де M_p – розрахункове значення міцнісної характеристики;

$\overline{M_p}$ – нормативне значення даної характеристики;

ν_t – коефіцієнт варіації згідно з ВБН В.2.3-218-186;

t – коефіцієнт нормованого відхилення M_p при допустимому рівні надійності згідно з табл. 2.

Розрахункові значення деформаційних характеристик (модуль пружності) конструктивних шарів приймають згідно з [3]. Розрахункові характеристики асфальтобетонів наведені в таблиці. 3.

При визначенні модуля пружності багат шарового асфальтобетонного покриття з урахуванням еластичного прошарку можна приводити до двошарової розрахункової моделі:

$$E_{сер} = \sum_{i=1}^n E_i h_i \div \sum_{i=1}^n h_i, \quad (2)$$

де n – кількість шарів дорожнього одягу;

E_i – модуль пружності i -го шару;

h_i – товщина i -го шару.

При розрахунку покриття при рівні завантаженості рухом не більше ніж 0,7 та часу дії навантаження 0,1 с за критерієм міцності на розтяг при згині, виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короточасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроєктованого терміну служби при відповідному запасі коефіцієнту міцності, з урахуванням нормованого коефіцієнту надійності:

$$K_{мц} < \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r}, \quad (3)$$

де $K_{мц}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнту надійності, таблицею 2, то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщину асфальтобетонного покриття;

$R_N^{0,1}$ – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з часом дії навантаження 0,1 с МПа, згідно з табл. 3;

$\sigma_r^{0,1}$ – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 0,1 с МПа, згідно з рисунку 2.

Таблиця 3 – Характеристики асфальтобетонів з використанням базальтової фібри при розрахунку на розтяг при згині.

Table 3 – Characteristics of asphalt concrete with the use of basalt fiber in the calculation of flexural tension

Марка бітуму асфальтобетону	Розрахункові значення модуля пружності, Е, МПа, при часу дії навантаження t_i , сек			m	k_{np}	Нормативні значення при згині R_i , МПа, при часу дії навантаження t_i , сек		
	0,1	1,0	10,0			0,1	1,0	10,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Асфальтобетон АСТ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм (тип А-20)								
БНД 40/60	5090	2870	1610	7,0	2,6	11,7	7,9	5,4
БНД 60/90	4320	2440	1370	6,5	2,9	11,4	7,6	5,0
БНД 90/130	3810	2150	1210	6,0	3,4	11,0	7,0	4,7
БМП 40/60-56	6700	3520	2120	6,0	3,7	11,2	7,6	5,1
БМП 60/90-52	5020	3220	2010	5,5	4,0	11,0	7,3	4,7
БМП 90/130-49	4020	2800	1990	5,0	4,5	10,6	6,7	4,3
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 10 мм (ЩМА-10)								
БНД 40/60	4100	2130	1270	6,0	3,7	4,6	3,1	2,1
БНД 60/90	3900	2040	1220	5,5	4,0	4,2	2,8	1,8
БМП 60/90-52	4500	2330	1400	6,5	2,9	5,6	3,9	2,8
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 15 мм (ЩМА-15)								
БНД 40/60	3800	1960	1250	6,0	3,7	4,2	2,9	2,0
БНД 60/90	3600	1850	1100	5,5	4,0	3,9	2,6	1,7
БМП 60/90-52	4100	2110	1260	6,5	2,9	4,3	3,0	2,1
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20)								
БНД 40/60	3500	1780	1070	6,0	3,7	3,2	2,2	1,5
БНД 60/90	3300	1690	980	5,5	4,0	2,9	1,9	1,3
БМП 60/90-52	3700	1900	1110	6,5	2,9	3,4	2,4	1,7
Примітка 1. Розрахункові характеристики ЩМА на основі бітуму, модифікованого термоеластопластом, марки БМП 40/60-56, слід збільшити на 10 % порівняно з ЩМА на основі бітуму, модифікованого термоеластопластом, марки БМП 60/90-52. Примітка 2. Для ЩМА на основі бітумів, модифікованих структуруючими додавками (синтетичними восками типу Licomont BS 100, CCBit 113 AD, Sasobit та їх аналогами), розрахункові характеристики слід приймати аналогічними модулям пружності ЩМА на основі бітумів, модифікованих термоеластопластами. Примітка 3. Значення розрахункових характеристик подані в таблиці для ЩМА на основі БМП, які модифіковані 3 % термоеластопласту або структуруючої добавки. При збільшенні в бітумі концентрації термоеластопласту або структуруючої добавки на 1 % розрахункові характеристики і ЩМА слід збільшити на 10 %. При зменшенні в бітумі концентрації термоеластопласту або структуруючої добавки на 1 % розрахункові характеристики ЩМА слід зменшити на 5 %.								

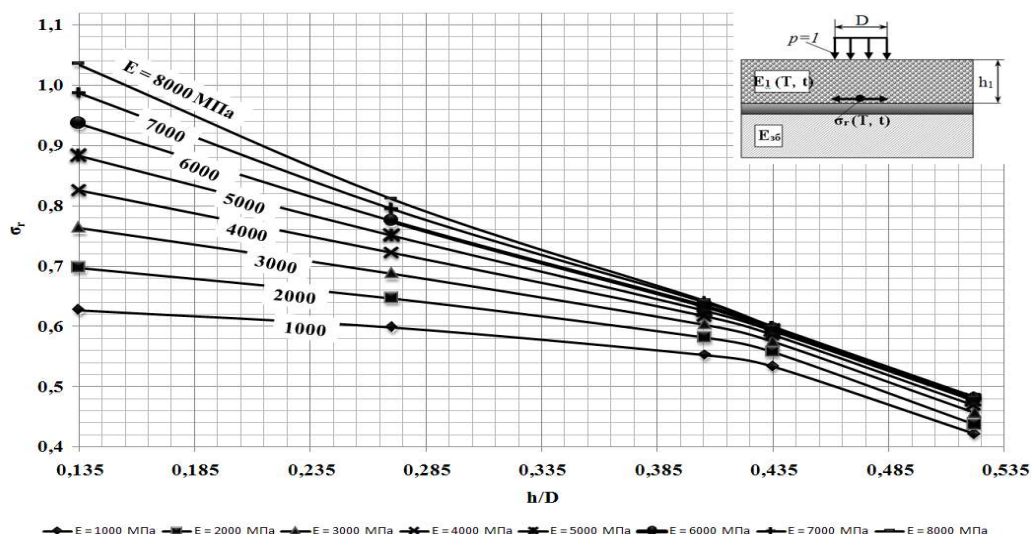


Рисунок 2 – Номограма для визначення розтягуючого напруження σ_r при згині від одиничного навантаження в нижній частині асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри

Figure 2 – Nomogram for determining the tensile stress during bending from a unit load in the lower part of an asphalt concrete pavement using basalt fiber

При використанні армуючих матеріалів перевірку умови міцності при згині виконують за формулою:

$$K_{ми} < \frac{k_{ef}^a \times R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1}}, \quad (4)$$

де k_{ef}^a – коефіцієнт ефективності армування,.

Розрахункові розтягуючі напруження визначають за формулою:

$$\sigma_r^{0,1} = \overline{\sigma_r^{0,1}} \times p \times K_\delta \quad (5)$$

де $\overline{\sigma_r^{0,1}}$ – розтягуюче напруження з часом дії навантаження 0,1 с від одиничного навантаження, при розрахунковому відбитку колеса, яке передає навантаження. Розтягуюче напруження визначається за номограмою рисунка 2 [1-3] і чисельного моделювання з залученням методу скінчених елементів;
 p – питомий тиск колеса на покриття, МПа;

K_δ – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану покриття під колесом автомобіля (колесо зі спареними балонами, $K_\delta = 0,85$, колесо з одним балоном $K_\delta = 1,0$).

Для визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r^{0,1}}$ за формулою (5) визначають середній модуль пружності з часом дії навантаження 0,1 с, з урахуванням розрахункових характеристик модуля пружності для асфальтобетону (табл. 3) і еластичного прошарку таблиці 4.

Міцність асфальтобетону на розтяг при згині при багаторазовому прикладанні навантаження визначають за формулою:

$$R_N^{0,1} = R_0^{0,1} \times k_T \times k_{mp} \times k_{kn} \cdot (1 - \nu_R \times t), \quad (6)$$

де $R_0^{0,1}$ – нормативне значення міцності на розтяг при згині при розрахунковій температурі 0 °С та однократному прикладанні навантаження з часом дії 0,1 с, приймають за даними таблиці 3;

k_T – коефіцієнт, який враховує зниження міцності матеріалу покриття в результаті температурно-усадкових впливів;

k_{mp} – коефіцієнт, який враховує температурну тріщиностійкість матеріалу згідно з таблиці 6;

$k_{кп}$ – коефіцієнт, який враховує зниження міцності внаслідок короткочасності та повторюваності навантаження на дорозі;

V_R – коефіцієнт варіації міцності на розтяг при згині, приймають згідно з таблиці 6.

Таблиця 4 – Розрахункові значення модуля пружності еластичного прошарку при розрахунку на розтяг при згині

Table 4 – Calculated values of the modulus of elasticity of the elastic layer when calculating the tensile stress during bending

Вид еластичного прошарку	Розрахункові значення модуля пружності, Е, МПа, при часу дії навантаження t_i , сек		
	0,1	1	10
1	2	3	4
наплавна	850	550	290
розпилювальна	390	250	90
оклеювальна	790	520	260
мастикова	660	470	230

Таблиця 5 – Розрахункові значення коефіцієнту k_T , який враховує зниження міцності матеріалу в конструкції в результаті температурно-усадкових впливів

Table 5 – Calculated values of the coefficient k_T , which takes into account the decrease in the strength of the material in the structure as a result of temperature and shrinkage effects

Вид асфальтобетону	k_T
Щільний асфальтобетон (на звичайному бітумі)	0,85
Щільний асфальтобетон (на бітумі модифікованому полімером)	0,90
ЩМА	0,95

Коефіцієнт $k_{кп}$, який враховує зниження міцності внаслідок короткочасних та повторюваних навантажень на асфальтобетонне покриття, визначається за формулою:

$$k_{кп} = k_{np} \times \sum N^{-\left(\frac{1}{m}\right)}, \quad (7)$$

де k_{np} – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень при температурі 0 °С (приймається за табл. 3);

m – показник втоми, який залежить від властивостей матеріалу розрахункового монолітного шару (табл. 3);

$\sum N_p$ – розрахункова еквівалентна сумарна кількість прикладань розрахункового навантаження, згідно з ВБН В.2.3-218-186, визначається за формулою:

$$\sum N_p = f_{смуг} \sum_{m=1}^n (N_{1m} K_c \cdot T_{pdp} \cdot 0,7) S_{m сум} \cdot K_n, \quad (8)$$

або за формулою:

$$\sum N_p = 0,7 \times N_p \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{pdp} \cdot K_n, \quad (9)$$

де n – кількість транспортних засобів за типами;

N_{1m} – середньодобова інтенсивність руху в обох напрямках автомобілів i -го типу в перший рік служби, один./д;

N_p – приведена розрахункова інтенсивність, один./д;

$S_{m сум}$ – сумарний коефіцієнт приведення дії на дорожній одяг транспортного засобу i -го типу до розрахункового навантаження ($Q_{розр}$);

T_{pdp} – кількість розрахункових діб за рік, відповідно до стану деформативності конструкції,;

K_n – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується;

K_c – коефіцієнт суми, що визначається за формулою:

$$K_c = \frac{q^{T_{cl}} - 1}{q - 1}, \quad (10)$$

де T_{cl} – розрахунковий строк служби, для покриття проїзної частини автодорожніх мостів приймають рівним нормам строків експлуатації дорожніх одягів між капітальними ремонтами;

q – показник змін інтенсивності руху даного типу автомобіля за роками; встановлюється за результатами техніко-економічних вишукувань або за іншими даними (може змінюватися від 0,8 до 1,1).

Таблиця 6 – Розрахункові значення коефіцієнта варіації та коефіцієнта температурної тріщиностійкості асфальтобетонів

Table 6 – Calculated values of the coefficient of variation and the coefficient of temperature crack resistance of asphalt concrete

Вид та типи асфальтобетону	Коефіцієнт варіації, V_R	Коефіцієнт температурної тріщиностійкості, k_{mp}
1	2	3
АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 15 мм (на бітумі нафтовому дорожньому)	0,10	0,70
АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 15 мм (на бітумі модифікованому полімером)	0,10	0,88
АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм (на бітумі нафтовому дорожньому)	0,10	0,72
АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм (на бітумі модифікованому полімером)	0,10	0,90
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 10 мм (ЩМА-10) (на бітумі нафтовому дорожньому)	0,11	0,74
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 10 мм (ЩМА-10) (на бітумі модифікованому полімером)	0,10	0,90
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 15 мм (ЩМА-15) (на бітумі нафтовому дорожньому)	0,12	0,76
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 15 мм (ЩМА-15) (на бітумі модифікованому полімером)	0,11	0,92
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20) (на бітумі нафтовому дорожньому)	0,12	0,78
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20) (на бітумі модифікованому полімером)	0,13	0,95

При розрахунку асфальтобетонного покриття за критерієм міцності на розтяг при згині, при рівні завантаження більше ніж 0,7 і часу дії навантаження 1,0 с, виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короточасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроєктованого терміну служби при відповідному запасі коефіцієнту міцності, з урахуванням нормованого коефіцієнта надійності:

$$K_{мц} \prec \frac{R_N^1}{\sigma_r^1}, \quad (11)$$

де R_N^1 – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з часом дії навантаження 1,0 с, МПа, згідно табл. 3;

σ_r^1 – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 1,0 с, МПа.

При використанні армуючих матеріалів перевірку умови міцності на розтяг при згині виконують наступним чином:

$$K_{мц} \prec \frac{k_{ef}^a \times R_N^1}{\sigma_r^1} \quad (12)$$

Розрахункові розтягуючі напруження визначають за формулою:

$$\sigma_r^1 = \overline{\sigma_r^1} \times p \times K_\sigma \quad (13)$$

де $\overline{\sigma_r^1}$ – розтягуюче напруження з часом дії навантаження 1,0 с від одиничного навантаження, при розрахунковому відбитку колеса, яке передає навантаження, визначається за допомогою номограми рисунок 2.

Для визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r^1}$ за формулою (5) визначають середній модуль пружності з часом дії навантаження 1,0 с, з урахуванням розрахункових характеристик модуля пружності для асфальтобетону (табл. 3) і еластичного прошарку таблиця 4.

Міцність асфальтобетону на розтяг при згині при багаторазовому прикладанні навантаження визначають за формулою:

$$R_N^1 = R_0^1 \times k_T \times k_{mp} \times k_{kn} \cdot (1 - \nu_R \times t), \quad (14)$$

де R_0^1 – міцність на розтяг при згині, при розрахунковій температурі 0 °C і одноразовому прикладанні навантаження з часом дії 1,0 с, яке призначають за таблиця 3.

При розрахунку асфальтобетонного покриття підвищеної довговічності за критерієм міцності на розтяг при згині, при коефіцієнті завантаження понад 0,7 з часом дії навантаження 1,0 с і 10,0 с виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короткочасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроектованого строку служби при відповідному запасі коефіцієнта міцності з врахуванням нормованого коефіцієнта надійності:

$$K_{мц} \prec \frac{R_N^{1+10}}{\sigma_r^1}, \quad (15)$$

де $K_{мц}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнту надійності, таблиця 2, то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщину асфальтобетонного покриття;

R_N^{1+10} – міцність матеріалу шару на розтяг при згині з урахуванням коефіцієнту втоми згідно з табл. 3, від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 1,0 і 10,0 с, МПа;

σ_r^1 – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 1,0 с, МПа.

При використанні армуючих матеріалів перевірку умови міцності при згині виконують за формулою:

$$K_{мц} \prec \frac{k_{ef}^a \times R_N^{1+10}}{\sigma_r^1} \quad (16)$$

6.16 Міцність асфальтобетону R_N^{1+10} на розтяг при згині з урахуванням коефіцієнта втоми від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 1,0 с і 10,0 с визначають за формулою:

$$R_N^{1+10} = R_0^1 \times k_T \times k_{mp} \times k_{\kappa n}^{1+10} \cdot (1 - \nu_R \times t), \quad (17)$$

де $k_{\kappa n}^{1+10}$ – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень у не розрахунковий період при багаторазовому прикладанні розрахункових циклічних навантажень і часу дії навантаження 1,0 с і 10,0 с.

Коефіцієнт $k_{\kappa n}^{1+10}$, який відображає вплив на міцність різних процесів втоми, визначається за формулою:

$$k_{\kappa n}^{1+10} = k_{np} \times \sum N_{1+10}^{-\left(\frac{1}{m}\right)}, \quad (18)$$

де $\sum N_p^{1+10}$ – розрахункова еквівалентна сумарна кількість прикладань розрахункового навантаження, як з часом дії навантаження 1,0 с, так і 10,0 с, за строк експлуатації асфальтобетонного покриття, визначається за формулою:

$$\sum N_{1+10} = \delta_{10} \times \sum N \times \beta_{1+10} + (1 - \delta_{10}) \times \sum N, \quad (19)$$

де δ_{10} – частка автомобілів від загальної кількості автомобілів в потоці, які затримуються (визначається на етапі техніко-економічних вишукувань при визначенні інтенсивності руху і складу транспортного потоку);

β_{1+10} – коефіцієнт, який відображає вплив розрахункового навантаження з часом дії 10,0 с на втому руйнування, визначається за формулою:

$$\beta_{1+10} = \left(\frac{R_0^1 \times \sigma_r^{10}}{R_0^{10} \times \sigma_r^1} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (20)$$

де R_0^{10} – нормативне значення граничного опору розтягу при згині при розрахунковій температурі 0 °С та одноразовому прикладанні навантаження з часом дії 10,0 с, яке приймають за табл. 3, МПа;

R_0^1 – теж саме, але з часом дії навантаження 1,0 с, МПа;

σ_r^{10} – найбільше розтягуюче напруження в нижньому шарі асфальтобетонного покриття з часом дії навантаження 10,0 с, яке визначається за формулою:

$$\sigma_r^{10} = \overline{\sigma_r^{10}} \times p \times K_{\phi} \quad (21)$$

де $\overline{\sigma_r^{10}}$ – розтягуюче напруження з часом дії навантаження 10,0 с від одиничного навантаження, при розрахунковому відбитку колеса, яке передає навантаження, визначається за допомогою номограми рисунка 2.

Для визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r^{10}}$ за формулою (2) визначають середній модуль пружності з часом дії навантаження 10,0 с, з урахуванням розрахункових характеристик модуля пружності для асфальтобетону (таблиця 3) і еластичного прошарку (таблиця 4). При розрахунку асфальтобетонного покриття при часу дії навантаження 10,0 с за критерієм міцності на розтяг при згині, виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короткочасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроєктованого строку експлуатації при відповідному запасі коефіцієнту міцності з урахуванням нормованого коефіцієнту надійності:

$$K_{\text{мц}} \prec \frac{R_N^{10}}{\sigma_r^{10}}, \quad (22)$$

де R_N^{10} – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з часом дії навантаження 10,0 с, МПа.

При використанні армуючих матеріалів перевірку умови міцності при згині виконують за формулою:

$$K_{\text{мц}} \prec \frac{k_{\text{эф}}^a \times R_N^{10}}{\sigma_r^{10}} \quad (23)$$

6.20 Міцність асфальтобетону на розтяг при згині при багаторазовому прикладанні розрахункового навантаження визначають за формулою:

$$R_N^{10} = R_0^{10} \times k_T \times k_{\text{мп}} \times k_{\text{кп}} \cdot (1 - \nu_R \times t), \quad (24)$$

де R_0^{10} – нормативне значення граничного опору розтягу при згині при розрахунковій температурі 0 °С та одноразовому прикладанні навантаження з часом дії 10,0 с, яке приймають за табл. 3, МПа.

Приклад проектування асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах.

Розрахунок на довговічність покриття при умові завантаженості рухом не більше 0,7 і часу дії навантаження 0,1 с за критерієм міцності на розтяг при згині.

Необхідно запроектувати асфальтобетонне покриття з використанням базальтової фібри залізобетонного автодорожнього мосту з наступними вихідними даними:

- по транспортній споруді проходить автомобільна дорога державного значення, яка знаходиться у дорожньо-кліматичній зоні А-II;
- категорія автомобільної дороги – І-а;
- строк експлуатації дорожнього одягу – $T_{\text{сл}} = 7$ років;
- за розрахункове навантаження: прийнятий автомобіль групи А₁ з розрахунковими параметрами: $p = 0,9$ МПа, $D = 34,6$ см; прийнято розрахункове навантаження групи А₂ з розрахунковими параметрами: $p = 0,8$ МПа, $D = 34,5$ см;
- приведена до навантаження групи А₁ (А₂) інтенсивність руху на кінець строку служби $N_p = 4900$ один./д;
- показник зміни інтенсивності руху $q = 1,04$.

Визначають сумарну кількість прикладань розрахункового навантаження за строк служби за формулою (9):

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 4900 \frac{7,9}{1,04^{(7-1)}} \cdot 145 \cdot 1,49 = 4627000 \text{ один.}$$

Попередньо призначають конструкцію та значення розрахункових параметрів для розрахунку міцності на розтяг при згині – таблицями (3 – 6). Отримані дані зводяться у таблицю 7.

Розраховуємо середній модуль пружності багатошарової конструкції покриття з урахуванням еластичного прошарку і часу дії навантаження 0,1 с з метою приведення до двошарової розрахункової моделі (2):

$$E_{\text{сеп}} = \sum_{i=1}^n E_i h_i \div \sum_{i=1}^n h_i = \frac{3700 \times 5 + 5020 \times 8 + 790 \times 0,5}{5 + 8 + 0,5} = 4374, \text{ МПа}$$

За співвідношенням $\frac{h}{D} = \frac{13,5}{34,5} = 0,39$ і середнім модулем пружності $E_{сер} = 4374$ МПа за

допомогою номограми (рис. 1) визначають $\overline{\sigma_r^{0,1}} = 0,60$.

Таблиця 7 – Розрахункові значення конструкції асфальтобетонного покриття на автодорожньому залізобетонному мосту

Table 7 – Design values of the asphalt concrete pavement on the highway reinforced concrete bridge

Ч. ч	Матеріал шару	h шару, см	Розрахунок міцності на розтяг при згині			
			E, МПа, при часу дії 0,1 с	m	k _{np}	R, МПа, при 0,1 с
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20) на бітумі БМП-60/90-52	5	3700	6,5	2,9	3,4
2	АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм на бітумі БМП-60/90-52	8	5020	5,5	4,0	11,0
3	Еластичний прошарок – оклеювальна гідроізоляція Testudo	0,5	790	–		

Визначаємо розрахункові горизонтальні розтягуючі напруження при згині і часу дії навантаження 0,1 с:

- навантаження 115 кН за формулою (5):

$$\sigma_r^{0,1} = \overline{\sigma_r^{0,1}} \cdot p \cdot K_{\sigma} = 0,60 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,41, \text{ МПа}$$

- навантаження 130 кН за формулою (5):

$$\sigma_r^{0,1} = \overline{\sigma_r^{0,1}} \cdot p \cdot K_{\sigma} = 0,60 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,46, \text{ МПа}$$

Розраховують коефіцієнт $k_{\kappa n}$, який відображає вплив на міцність різних процесів втоми, він визначається за формулою (7):

$$k_{\kappa n} = k_{np} \cdot \sum N_{1 \div 10}^{-\left(\frac{1}{m}\right)} = 4,0 \cdot 4627000^{-\left(\frac{1}{5,5}\right)} = 0,246$$

Визначають міцність асфальтобетону при багаторазовому розтягу при згині з часом дії навантаження 0,1 с за формулою (6):

навантаження 115 кН

$$R_N^{0,1} = R_0^{0,1} \cdot k_T \cdot k_{mp} \cdot k_{\kappa n} \cdot (1 - \nu_R \cdot t) = 11 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,246 \cdot (1 - 0,10 \times 1,71) = 1,82, \text{ МПа}$$

навантаження 130 кН

$$R_N^{0,1} = R_0^{0,1} \cdot k_T \cdot k_{mp} \cdot k_{\kappa n} \cdot (1 - \nu_R \cdot t) = 11 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,246 \cdot (1 - 0,10 \times 2,19) = 1,71, \text{ МПа}$$

Визначають перевірку умови міцності при згині:

навантаження 115 кН за формулою (3):

$$K_{\mu c} < \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1}} = \frac{1,82}{0,41} = 4,43, \text{ що більше, ніж } K_{\mu c}^{\#} = 1,43$$

навантаження 130 кН за формулою (3):

$$K_{\mu c} < \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1}} = \frac{1,71}{0,46} = 3,72, \text{ що більше, ніж } K_{\mu c}^{\#} = 1,50$$

де $K_{\mu c}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнту надійності, табл. 2, то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщину асфальтобетонного покриття;

$R_N^{0,1}$ – міцність матеріалу шару на розтяг при згині з урахуванням втоми від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 0,1 с, МПа;

$\sigma_r^{0,1}$ – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 0,1 с, МПа.

Відповідно, призначена конструкція задовольняє умові міцності на розтяг при згині асфальтобетону.

Розрахунок покриття на залізобетонних автодорожніх мостах підвищеної довговічності при умові завантаженості рухом не більше ніж 0,7 і часу дії навантаження 10 с за критерієм міцності на розтяг при згині

Попередньо призначають конструкцію та значення розрахункових параметрів для розрахунку міцності на розтяг при згині – таблі (3 – 6). Отримані дані зводяться у таблицю 8.

Таблиця 8 – Розрахункові значення конструкції асфальтобетонного покриття на автодорожньому залізобетонному мосту

Table 8 – Design values of the asphalt concrete pavement on the highway reinforced concrete bridge

Ч.ч	Матеріал шару	h шару, см	Розрахунок міцності на розтяг при згині			
			E, МПа, при часу дії 10 с	m	k _{np}	R, МПа, при 10 с
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20) на бітумі БМП-60/90-52	5	1110	6,5	2,9	1,7
2	АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм на бітумі БМП-60/90-52	8	2010	5,5	4,0	4,7
3	Еластичний прошарок – оклеювальна гідроізоляція Testudo	0,5	260	–		

Розраховують середній модуль пружності багат шарової конструкції покриття з урахуванням еластичного прошарку і часу дії навантаження 0,1 с з метою приведення до двошарової розрахункової моделі (2):

$$E_{сep} = \sum_{i=1}^n E_i h_i \div \sum_{i=1}^n h_i = \frac{1110 \times 5 + 2010 \times 8 + 260 \times 0,5}{5 + 8 + 0,5} = 1612, \text{ МПа}$$

В 2.3 За співвідношенням $\frac{h}{D} = \frac{13,5}{34,5} = 0,39$ і середнім модулем пружності $E_{сep} = 1612$

МПа за допомогою номограми (рис. 1) визначають $\overline{\sigma}_r^{10} = 0,55$.

Визначають розрахункові горизонтальні розтягуючі напруження при згині і часу дії навантаження 10 с:

- навантаження 115 кН за формулою (21):

$$\sigma_r^{10} = \overline{\sigma}_r^{10} \cdot p \cdot K_{\sigma} = 0,55 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,37, \text{ МПа}$$

- навантаження 130 кН за формулою (21):

$$\sigma_r^{10} = \overline{\sigma}_r^{10} \cdot p \cdot K_{\sigma} = 0,55 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,42, \text{ МПа}$$

Розраховують коефіцієнт k_{kn} , який відображає вплив на міцність різних процесів втоми, він визначається за формулою (7):

$$k_{kn} = k_{np} \cdot \sum N_{1 \div 10}^{-\left(\frac{1}{m}\right)} = 4,0 \cdot 4627000^{-\left(\frac{1}{5,5}\right)} = 0,246$$

Визначають міцність асфальтобетону при багаторазовому розтягу при згині:
навантаження 115 кН за формулою (24):

$$R_N^{10} = R_0^{10} \cdot k_T \cdot k_{mp} \cdot k_{\kappa n} \cdot (1 - \nu_R \cdot t) = 4,7 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,246 \cdot (1 - 0,10 \times 1,71) = 0,78, \text{ МПа}$$

навантаження 130 кН за формулою (24):

$$R_N^{10} = R_0^{10} \cdot k_T \cdot k_{mp} \cdot k_{\kappa n} \cdot (1 - \nu_R \cdot t) = 4,7 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,246 \cdot (1 - 0,10 \times 2,19) = 0,73, \text{ МПа}$$

де R_0^{10} – міцності на розтяг при згині асфальтобетону типу А-20 з часом дії навантаження 10 с, яке призначають використовуючи табл. 3, МПа;

k_1 – коефіцієнт, який враховує зниження міцності внаслідок явищ втоми матеріалу при багаторазовій дії навантаження;

k_2 – коефіцієнт, який враховує температурну тріщиностійкість матеріалу згідно з табл. 6 або ДСТУ Б В.2.7-119;

ν_R – коефіцієнт варіації міцності при розтягу (табл. 6);

t – коефіцієнт варіації відхилення (табл. 3).

Виконуємо перевірку умови міцності при згині:

навантаження 115 кН за формулою (22):

$$K_{\mu} \prec \frac{R_N^{10}}{\sigma_r^{10}} = \frac{0,78}{0,37} = 2,11, \text{ що більше, ніж } K_{\mu}^H = 1,43$$

навантаження 130 кН за формулою (22):

$$K_{\mu} \prec \frac{R_N^{10}}{\sigma_r^{10}} = \frac{0,73}{0,42} = 1,74, \text{ що більше, ніж } K_{\mu}^H = 1,50$$

де K_{μ} – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнту надійності, табл. 2, то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщину асфальтобетонного покриття;

R_N^{10} – міцність матеріалу шару на розтяг при згині з урахуванням втоми від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 10 с, МПа;

σ_r^{10} – максимальне розтягуючі напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 10 с, МПа.

Відповідно, призначена конструкція задовольняє умов міцності при згині асфальтобетону.

Висновки та рекомендації.

В статті розглянуто науковий результат дослідження, що полягає в розвитку теоретичних і практичних досліджень, а саме: методі розрахунку, який дозволяє проектувати асфальтобетонне покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах підвищеною довговічністю.

1. З урахуванням аналізу умов роботи асфальтобетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах встановлено, що покриття перебуває у складних умовах експлуатації, що в свою чергу з часом приводить до передчасного руйнування асфальтобетонного покриття та конструкторської транспортної будови в цілому.

2. Розроблено розрахункову схему для визначення горизонтальних нормальних напружень в армованому асфальтобетонному покритті з базальтовою фіброю на залізобетонних автодорожніх мостах з урахуванням різного часу дії навантаження транспортних засобів та температури, яке викликає розтягуючі напруження. Отримано для них аналітичну залежність для розрахунку довговічності за тріщиностійкістю асфальтобетонного покриття.

3. Обґрунтовано вибір умови довговічності за критерієм граничного стану для оцінки тріщиностійкості армованого асфальтобетонного покриття з базальтовою фіброю з урахуванням різного часу дії навантаження та температури. Розроблено метод оцінки довговічності

асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах та послідовність його проектування.

4. Рекомендовано використовувати дану методику при виборі варіантів та розрахунку конструкції дорожнього одягу на автодорожніх мостах, що дозволить підвищити його довговічність, що в свою чергу вплине на зменшення грошових витрат при будівництві, ремонті та утриманні не лише асфальтобетонного покриття, а й автодорожнього мосту в цілому.

5. Використання даної методики дозволить забезпечити економічний ефект за рухунок використання базальтової фібри з метою покращення властивостей асфальтобетону, що дозволяє збільшити строк служби таких покриттів до 2-х разів та зменшити витрати на їх поточні ремонти та експлуатаційне утримання.

Перелік посилань

1. Онищенко А. М., Кузьмінець М. П., Редченко В. П., Тарнопольський Д. Й., Аксьонов С. Ю. Теоретичні та експериментальні дослідження Південного мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві: монографія. К. : НТУ, 2014. 341 с.

2. Онищенко А. М., Кузьмінець М. П., Невінгловський В. Ф., Гаркуша М. В. Теоретичні та практичні дослідження ресурсу асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах : монографія. К. : НТУ, 2015. 323. с.

3. М 02070915-750:2016 Методика проектування асфальтобетонного покриття залізобетонних автодорожніх мостів.

4. Onischenko, A., Aksenov, S., Nevynhlovskyy, V. Numerical Simulation of Stress-Strain State of Asphalt Concrete Pavement on the Carriageway of the South Bridge in Kiev/ *Procedia Engineering* .2016

5. Luchko J. Determining patterns in the stressed-deformed state of the railroad track subgrade reinforced with tubular drains / J. Luchko, V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Gajda, A. Onyshchenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkov. – 5/7(107), 2020. – pp. 6–13. doi: 10.15587/1729-4061.2020.213525. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази Scopus).

6. Kovalchuk V. Devising a procedure for assessing the subgrade compaction degree based on the propagation rate of elastic waves / V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Nabochenko, A. Onyshchenko, O. Fedorenko, A. Pentsak, O. Petrenko, N. Gembara // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkov. – 1/5 (109), 2021. – pp. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225520.

7. Kovalchuk V. A comprehensive procedure for estimating the stressed-strained state of a reinforced concrete bridge under the action of variable environmental temperatures / Vitalii Kovalchuk, Arthur Onyshchenko, Olexander Fedorenko, Mykola Habrel, Bogdan Parneta, Oleh Voznyak, Ruslan Markul, Mariana Parneta, Roman Rybak // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkov. – 2/7 (110), 2021. – pp. 23–30. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228960.

8. Kovalchuk Vitalii. Restoration of the bearing capacity of damaged transport constructions made of corrugated metal structures / Vitalii Kovalchuk, Mykola Sysyn, Yuriy Hnativ, Artur Onyshchenko, Maksym Koval, Oleksii Tiutkin, Mariana Parneta // *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. – RTU Press, 2021 Volume 16 Issue 2. – pp.90 – 109. ISSN 1822-427X/eISSN 1822-4288.

9. Kovalchuk V. Procedure for determining the thermoelastic state of a reinforced concrete bridge beam strengthened with methyl methacrylate / Vitalii Kovalchuk, Yuliya Sobolevska, Artur Onyshchenko, Olexandr Fedorenko, Oleksandr Tokin, Andrii Pavliv, Ivan Kravets, Julia Lesiv // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkov. – 4/7 (112), 2021. – pp. 26–33. doi: 10.15587/1729-4061.2021.238440.

10. Onyshchenko Artur. Devising a procedure to calculate and analyze parameters for passing the flood and breakthrough wave taking into consideration the topographical and hydraulic riverbed irregularities / Artur Onyshchenko, Borys Ostroverkh, Liudmila Potapenko, Vitalii Kovalchuk, Oleksandr Tokin, Mykola Harkusha, Iryna Bashkevych, Andrii Koretskyi, Nadiia Khvoshchynska, Iryna Rolinska // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkov. – 1/10 (115), 2022. – pp. 6–17. doi: 10.15587/1729-4061.2022.252710.

METHOD OF ASSESSING THE DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE COATING USING BAKHALT FIBER ON HIGHWAY BRIDGES

Plaziy Evgeny Pavlovich, Project manager of MAPEI Ukraine LLC

e-mail: eplaziy@gmail.com, phone +380674091273, <https://orcid.org/0000-0002-9269-4518>

Abstract. In the article, based on literature analysis [1-3], a basic calculation scheme was developed for determining horizontal normal stresses in reinforced asphalt concrete coating with basalt fiber on reinforced concrete road bridges, taking into account the different time of action of the load of vehicles, which causes tensile stresses.

A method for assessing the durability of asphalt concrete pavement with basalt fiber on reinforced concrete road bridges is proposed, which is aimed at increasing its crack resistance by improving design. Such design consists in the construction and calculation taking into account the repeated application of static and short-term dynamic loads of vehicles.

The choice of the durability condition based on the limit state criterion for evaluating the crack resistance of the reinforced asphalt concrete pavement with basalt fiber is substantiated, taking into account the different time of the load and temperature. A method of assessing the durability of asphalt concrete pavement using basalt fiber on reinforced concrete road bridges and the sequence of its design has been developed.

Key words: highway bridge, durability, crack formation, crack resistance, asphalt concrete coating, basalt fiber.

References

1. Onyshchenko A. M., Kuzminets M. P., Redchenko V. P., Tarnopolskyi D. Y., Aksyonov S. Yu. Theoretical and experimental studies of the Southern bridge over the Dnipro River in Kyiv: monograph. K.: NTU, 2014. 341 p.
2. Onyshchenko A.M., Kuzminets M.P., Nevinglovskiy V.F., Harkusha M.V. Theoretical and practical studies of the resource of asphalt concrete pavement on reinforced concrete transport structures: monograph. K.: NTU, 2015. 323. p.
3. M 02070915-750:2016 Methodology for designing asphalt concrete covering of reinforced concrete highway bridges.
4. Onischenko, A., Aksenov, S., Nevynhlovskyy, V. Numerical Simulation of Stress-Strain State of Asphalt Concrete Pavement on the Carriageway of the South Bridge in Kiev/ Procedia Engineering .2016
5. Luchko J. Determining patterns in the stressed-deformed state of the railroad track subgrade reinforced with tubular drains / J. Luchko, V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Gajda, A. Onyshchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 5/7(107), 2020. – pp. 6–13. doi: 10.15587/1729-4061.2020.213525. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази Scopus).
6. Kovalchuk V. Devising a procedure for assessing the subgrade compaction degree based on the propagation rate of elastic waves / V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Nabochenko, A. Onyshchenko, O. Fedorenko, A. Pentsak, O. Petrenko, N. Gembara // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/5 (109), 2021. – pp. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225520.
7. Kovalchuk V. A comprehensive procedure for estimating the stressed-strained state of a reinforced concrete bridge under the action of variable environmental temperatures / Vitalii Kovalchuk, Arthur Onyshchenko, Olexander Fedorenko, Mykola Habrel, Bogdan Parneta, Oleh Voznyak, Ruslan Markul, Mariana Parneta, Roman Rybak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 2/7 (110), 2021. – pp. 23–30. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228960.
8. Kovalchuk Vitalii. Restoration of the bearing capacity of damaged transport constructions made of corrugated metal structures / Vitalii Kovalchuk, Mykola Sysyn, Yuriy Hnativ, Artur Onyshchenko, Maksym Koval, Oleksii Tiutkin, Mariana Parneta // The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering. – RTU Press, 2021 Volume 16 Issue 2. – pp.90 – 109. ISSN 1822-427X/eISSN 1822-4288.
9. Kovalchuk V. Procedure for determining the thermoelastic state of a reinforced concrete bridge beam strengthened with methyl methacrylate / Vitalii Kovalchuk, Yuliya Sobolevska, Artur Onyshchenko, Olexandr Fedorenko, Oleksandr Tokin, Andrii Pavliv, Ivan Kravets, Julia Lesiv // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 4/7 (112), 2021. – pp. 26–33. doi: 10.15587/1729-4061.2021.238440.
10. Onyshchenko Artur. Devising a procedure to calculate and analyze parameters for passing the flood and breakthrough wave taking into consideration the topographical and hydraulic riverbed irregularities / Artur Onyshchenko, Borys Ostroverkh, Liudmila Potapenko, Vitalii Kovalchuk, Oleksandr Tokin, Mykola Harkusha, Iryna Bashkevych, Andrii Koretskyi, Nadiia Khvoshchynska, Iryna Rolinska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/10 (115), 2022. – pp. 6–17. doi: 10.15587/1729-4061.2022.252710.